



Combinaison de la DG-FDTD avec un modèle de substitution pour un calcul de dosimétrie locale dans un problème variable et fortement multiéchelle

Zakaria Guelilia, Renaud Loison, Raphaël Gillard

► To cite this version:

Zakaria Guelilia, Renaud Loison, Raphaël Gillard. Combinaison de la DG-FDTD avec un modèle de substitution pour un calcul de dosimétrie locale dans un problème variable et fortement multiéchelle. GDR onde 2013, Oct 2013, Dijon, France. hal-00920796

HAL Id: hal-00920796

<https://hal.science/hal-00920796>

Submitted on 19 Dec 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Combinaison de la DG-FDTD avec un modèle de substitution pour un calcul de dosimétrie locale dans un problème variable et fortement multiéchelle

Z.Guelilia¹, R. Loison¹, R.Gillard¹

¹ : Université Européenne de Bretagne, France INSA, IETR, UMR 6164, F-35708 Rennes
Zakaria.Guelilia@insa-rennes.fr

Résumé

Cet article propose une méthode d'estimation de l'exposition des personnes aux rayonnements électromagnétiques dans un problème variable et fortement multiéchelle. Le champ électromagnétique est estimé grâce à l'association de deux méthodes. On propose ainsi la combinaison d'une méthode rigoureuse de simulation temporelle multiéchelle, la DG-FDTD (Dual Grid FDTD) avec un modèle de substitution basé sur le principe de superposition et l'utilisation de fonctions de transfert.

1. Introduction

La dosimétrie numérique est une approche essentielle pour l'évaluation de l'exposition des personnes aux rayonnements électromagnétiques. Afin d'être le plus fidèle aux conditions réelles d'exposition, il est nécessaire de modéliser des environnements variés mettant en scène des structures plus ou moins grandes. Dans ce contexte, il est fréquent de traiter des éléments très petits comparés à la taille globale du scénario. Nous faisons alors clairement face à un contraste d'échelle qui pose une difficulté pour la simulation électromagnétique. En plus de ces aspects multiéchelles, les problèmes de dosimétrie ont naturellement un caractère variable tel que la position de la personne ou son orientation vis-à-vis de la source d'illumination. Cette variabilité constitue un véritable défi pour la dosimétrie numérique qui doit être en mesure d'évaluer l'exposition pour une multitude de configurations du problème.

Pour répondre au problème multiéchelle, le choix de la DG-FDTD [1,2] s'avère être judicieux. En effet, cette méthode a montré qu'elle peut traiter efficacement un problème de dosimétrie fortement multiéchelle [3]. Bien que rapide, une telle approche n'est pas envisageable pour répondre à la seconde problématique car la multiplication des simulations conduirait à des temps de calcul prohibitif. Pour traiter la variabilité, plusieurs solutions ont été proposées. La plupart d'entre elles sont basées sur la construction d'un modèle de substitution permettant d'évaluer rapidement l'exposition. Beaucoup de ces modèles reposent sur des approches statistiques comme par exemple les réseaux de neurones [4] ou la collocation stochastique [5]. Cependant, la construction ou le paramétrage de ces modèles nécessite un nombre important de simulations électromagnétiques très coûteuses en ressources informatiques.

Dans cet article, nous proposons un modèle de substitution rapide dont la construction nécessite très peu de simulations électromagnétiques. Il est composé de fonctions de transfert et exploite le théorème de superposition. De plus, nous combinons la DG-FDTD avec ce modèle de substitution rapide afin de traiter efficacement des scénarios multiéchelles et comportant des paramètres variables. Dans un premier temps, le scénario d'étude est précisé. Ensuite, La partie suivante présente la validité du couplage de la DG-FDTD avec le modèle de substitution.

2. Présentation du scénario sélectionné

L'objet de notre étude est de calculer le champ électromagnétique dans l'œil d'un corps humain entier situé à proximité d'une antenne embarquée sur un véhicule (cf. figure 1). Le calcul du champ doit être effectué pour différentes positions de la personne autour du véhicule. L'œil ayant des dimensions très petites comparées au reste de l'environnement, nous devons opter pour une approche multiéchelle ou multigrille afin de réduire significativement les ressources informatiques nécessaires. De plus, pour affronter la variabilité du problème, il est absolument nécessaire de construire un modèle de substitution permettant de contourner tout ou partie du calcul électromagnétique rigoureux.

3. Validation de la combinaison de la DG-FDTD avec un modèle de substitution

La validation de la combinaison de ces deux méthodes est montrée dans un problème figé. Pour cela, une comparaison avec une application classique de la DG-FDTD est effectuée. Le détail du problème figé est détaillé dans [3].

La résolution du problème s'effectue en deux étapes pour les deux méthodes. L'étape 1 consiste à simuler grossièrement grâce à la FDTD l'intégralité de la scène d'exposition. Une surface de prélèvement de champ est insérée autour de la personne.

Pour l'application classique de la DG-FDTD, Le champ prélevé dans l'étape 1 est utilisé dans l'étape 2 pour exciter le volume décrivant plus finement le modèle de corps humain. Le champ à l'intérieur de l'œil gauche est ainsi calculé de manière précise.

Pour l'application combinant la DG-FDTD avec le modèle de substitution, le résultat est obtenu en substituant la 2ème étape par notre modèle de substitution [4]. En se plaçant dans le domaine fréquentiel et en exploitant le principe de superposition, la seconde étape de la DG-FDTD peut être remplacée par un système linéaire composée de plusieurs entrées et une sortie. Les données d'entrée de ce modèle correspondent aux champs prélevés lors de l'étape 1. Pour déterminer les fonctions de transfert efficacement sans avoir à réaliser une multitude de simulations électromagnétiques, le principe de réciprocité est utilisé. Ainsi, la sortie de ce système correspond aux contributions directes des entrées multipliées par les fonctions de transfert.

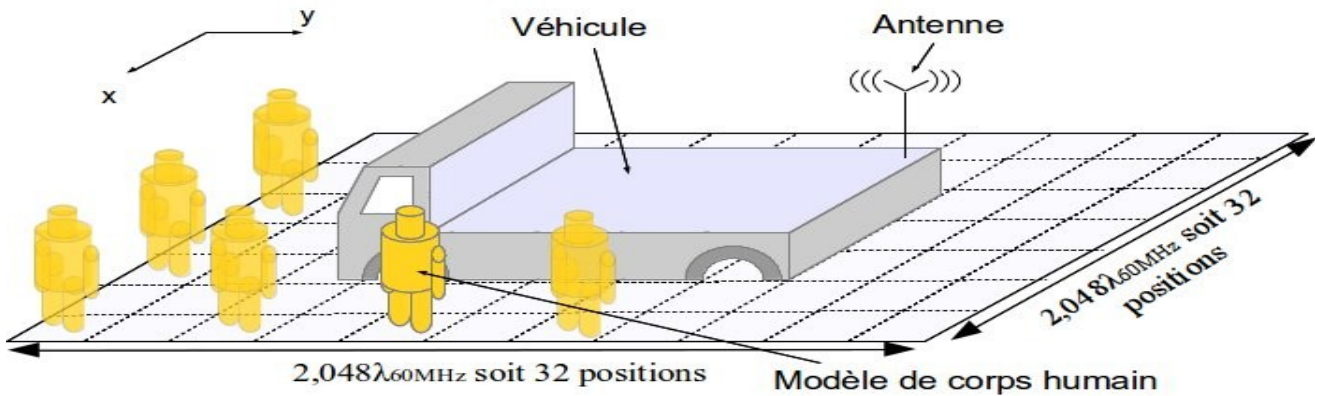


Figure 1. Scénario sélectionné

Les temps de calcul et les résultats pour ces deux approches sont reportés dans le tableau 1. D'un point de vue résultat, il apparaît clairement que la combinaison de la DG-FDTD et du modèle de substitution offre un résultat approchant celui obtenu par une simulation DG-FDTD classique. L'observation du temps de calcul montre que la combinaison offre un intérêt dans une étude de problème impliquant plusieurs positions. En effet, l'application de la combinaison des deux méthodes nécessite une étape préliminaire pour calculer les fonctions de transfert (714 min). Cependant, une position aléatoire autour du véhicule se calcule désormais en 0,72 min. Ainsi, pour 888 positions autour du véhicule, la combinaison des deux méthodes nécessite seulement de lancer l'étape 1 et le modèle de substitution 888 fois, tandis que la simulation classique DG-FDTD doit être effectuée 888 fois. On observe donc un gain en temps considérable.

Estimation du champs au centre de l'oeil gauche	$ E_{total} $ (V/m) pour une position	Temps de calcul pour une position	Temps de calcul pour 888 positions
DG-FDTD	0.0009374	259,48 min	230418,24 min (160 j et 18,24 min)
Combinaison DG-FDTD + modèle de substitution	0.00093047	714 min (fonction de transfert) + 0,72 min (une position)	714 min (fonction de transfert) + 639,36 min (888 positions)
Différence relative	0.73927 %	-	-

Tableau 1 : Validation de la combinaison de la méthode DG-FDTD avec un modèle de substitution

5. Conclusion

Cet article propose de combiner la méthode DG-FDTD avec un modèle de substitution afin de traiter un problème de dosimétrie numérique variable et fortement multi-échelle. La combinaison de ces deux techniques offre des résultats rapidement avec une précision acceptable. Il est désormais tout à fait possible de calculer le champ à l'intérieur de l'œil pour toutes les positions possibles autour du véhicule. Cette étude sera exposée dans notre affiche durant les journées GDR.

6. Bibliographie

- [1] R. Pascaud, R. Gillard, R. Loison, J. Wiart et M.F. Wong, « Dual-grid finite difference time-domain scheme for the fast simulation of surrounded antennas ». IET Microwave Antennas and Propagation, vol. 1, no 3, pages 700–706, Juin 2007.
- [2] C. Miry, R. Loison and R. Gillard, “An Efficient Bilateral Dual-Grid-FDTD Approach Applied to On Body Transmission Analysis and Specific Absorption Rate Computation”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 58, No. 9, 2010, pp. 2375-2382
- [3] Z. Guelilia, R. Loison, R. Gillard et A. Laisné, « Utilisation de la DG-FDTD pour un calcul de dosimétrie dans un problème fortement multi-échelle : détermination du DAS œil pour une personne située à proximité d'une source HF/VHF embarquée sur un véhicule ». URSI, 2012
- [4] Z. Guelilia, R. Loison, R. Gillard « Combinaison de la DG-FDTD avec un modèle de substitution pour un calcul de dosimétrie locale dans un problème variable et fortement multi-échelle », JNM 2013
- [5] Omer H. Colak and Ovunc Polat. « Estimation of local SAR level using RBFNN in three-layer cylindrical human model ». Microwave and Optical Technology Letters, Volume 50, N°7, pp 1958-1961, 2008.
- [6] Silly-Carette, J. and Lautru, D. and Gati, A. and Wong, M.F. and Wiart, J. and V.Foued-Hanna « Détermination de l'incertitude sur le DAS en utilisant une méthode stochastique et la FDTD », URSI-France : Comité National Français de Radioélectricité Scientifique - CEM 2008 PARIS, Paris 2008.